

81809, 856

2282

PCT/NL 95 / 00335

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



REC'D 25 JAN 1996
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT

Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 04 oktober 1994 onder nummer 9401632,

ten name van:

FANCOM B.V.

te Panningen

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Debietssensor",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 26 oktober 1995.

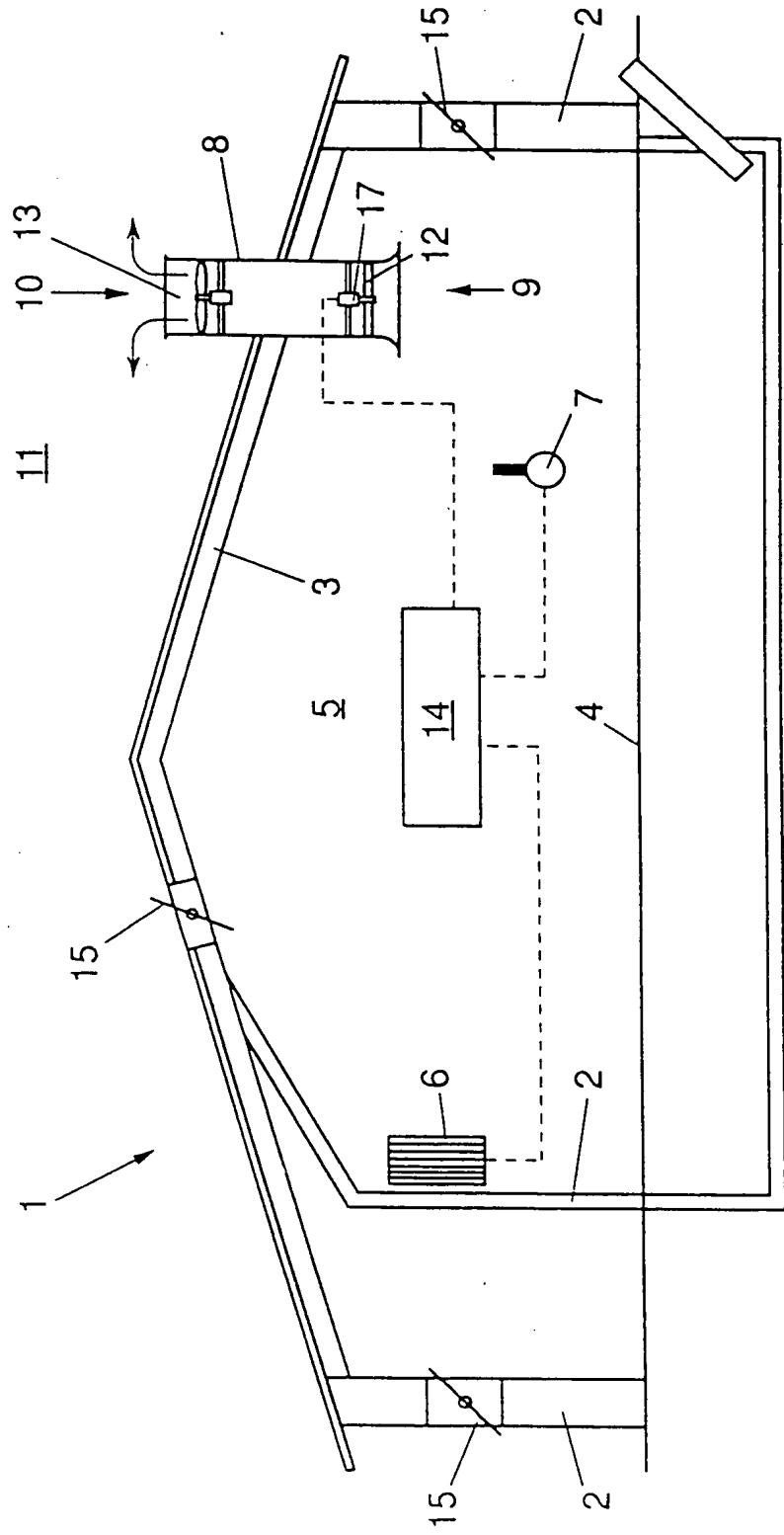
De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

A handwritten signature in black ink.

P.R.T.F. Tupan

U I T T R E K S E L

Debietsensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij luchtdebitmeting, voorzien van een in een buissectie vrijdraaiend opgehangen vleugelrad dat is voorzien van een centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstrekende bladen, waarbij ten minste één blad zich vanaf de kern uitstrekt tot nabij de binnenwand van de buissectie, waarbij meetmiddelen zijn opgenomen voor het meten van het aantal omwentelingen van het vleugelrad per tijdseenheid, waarbij de debietensor is ingericht voor het bij een door de buis voeren van een calibratie-debit met behulp van de meetmiddelen registreren van een bijbehorend calibratie-toerental van het vleugelrad.



Titel: Debietensor.

De uitvinding heeft betrekking op een debietensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij luchtdebitmeting, voorzien van een in een buissectie vrijdraaiend opgehangen vleugelrad.

5 Bij bekende debietsensoren van het boven genoemde type wordt als vleugelrad bijvoorbeeld een ventilator-vleugelrad toegepast dat in een buissectie is opgesteld, zodanig dat het daarin vrij kan draaien. De rotaties van het vleugelrad worden gemeten, waarna uit de rotatiesnelheid het door de buissectie
10 stromende debiet met enigerlei nauwkeurigheid wordt vastgesteld. Bij de bekende debietsensoren is het verband tussen een gemeten toerental en het door de buissectie stromende debiet niet lineair en bovendien afhankelijk van de drukval over het meetsysteem. Met name bij lage toerentallen
15 en kleine debieten en bij grote drukverschillen over de kokersectie kan een sterk afwijkend gedrag ontstaan.

Een ventilator-vleugelrad is zodanig ontworpen dat daardoor een rotatie-energie kan worden omgezet in een luchtbeweging. Daarop is het aantal bladen en de blad-
20 configuratie van het ventilator-vleugelrad gekozen. Bij gebruik van een dergelijk ventilator-vleugelrad als vrij- draaiend, dat wil zeggen niet met behulp van een motor of dergelijk middel aangedreven vleugelrad zal, in het bijzonder bij lage toerentallen en/of grote drukverschillen tussen de
25 beide zijden van het vleugelrad het verband tussen de rotatiesnelheid en de debieten die door het door het vleugelrad bestreken oppervlak worden gevoerd sterk afwijken van een lineair verband, en bovendien direct afhankelijk zijn van het drukverschil over de kokersectie.

30 Bij lage toerentallen en grote drukverschillen zal lucht door het vleugelrad worden teruggevoerd, de zogenoemde back-flow, waardoor bij een gelijkblijvend debiet de rotatiesnelheid van het vleugelrad wordt veranderd, bijvoorbeeld als gevolg van een nabij opgestelde ventilator.
35 Bovendien heeft een ventilator-vleugelrad veelal sterke luchtturbulenties tot gevolg, met eveneens als gevolg dat de

werking van de debietsensor negatief wordt beïnvloed. Dit betekent dat dergelijke debietsensoren een slechte meetkarakteristiek hebben, met name bij lage debieten en dat deze bekende debietsensoren met name niet drukonafhankelijk zijn.

De uitvinding beroogt een debietsensor van de in de aanhef beschreven soort, waarbij de genoemde nadelen zijn vermeden, met behoud van de voordelen. De debietsensor volgens de uitvinding wordt daartoe gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 1.

De bladhoeken van de verschillende doorsneden van de bladen van het vleugelrad van de debietsensor volgens de uitvinding leveren een debietsensor met een nagenoeg drukonafhankelijke meetkarakteristiek binnen het meetbereik van de debietsensor. De ontwerpkkoppel te noemen calibratie-combinatie, bestaande uit een calibratie-debit en een calibratie-toerental kan daarbij zodanig worden gekozen dat deze meetkarakteristiek eenvoudig aanpasbaar is aan de meetmiddelen en eventuele verdere middelen voor de verwerking van de geregistreerde toerentallen van het vleugelrad tijdens gebruik. De volgens de uitvinding gegeven karakteristiek van het verloop van de bladhoeken over de bladen van het vleugelrad biedt het voordeel dat, uitgaande van een voor de gewenste toepassing geschikt ontwerpkkoppel en een geschikte buissectiediameter altijd een in hoofdzaak drukonafhankelijke debietsensor kan worden verkregen. Dat wil zeggen dat voor elke toepassing een debietsensor kan worden ontworpen met een in hoofdzaak lineaire meetkarakteristiek, welke meetkarakteristiek ten minste het gekozen ontwerpkkoppel omvat.

Door de constructie is, zeker in combinatie met een geschikte materiaalkeuze de debietsensor geschikt voor gebruik in stoffige en corrosieve omgevingen, bij sterk wisselende temperaturen en bij verschillende vochtigheden. De debietsensor kan worden gebruikt voor gasdebietmeting maar is ook geschikt voor gebruik bij vloeistofdebietmeting.

Een debietsensor volgens de uitvinding is in het bijzonder geschikt voor gebruik in industriële, agrarische en civiele toepassingen inzake klimaatsturing, procesbeheersing,

emissiesturing, emissiemeting in praktijkomstandigheden en dergelijke.

Een nadere uitwerking van de debietsensor volgens de uitvinding wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens
5 conclusie 2.

Bij gebruik van een debietsensor met een vrijdraaiend vleugelrad is het van belang dat het toerental van het vleugelrad tijdens gebruik binnen gegeven grenzen blijft bij een minimaal en maximaal te meten debiet, ten einde
10 verstoringen van de meetkarakteristiek uit te sluiten. Bij te hoge toerentallen zullen bewegingen van de bladen een onrustig gedrag van het vleugelrad tot gevolg hebben waardoor de meetnauwkeurigheid en de gevoeligheid nadelig wordt beïnvloed. Bovendien treden bij te hoge toerentallen van het vleugelrad
15 onaanvaardbare geluidsproductie en slijtage op. Bij te lage toerentallen wordt de meetnauwkeurigheid van de debietsensor te laag.

Ten einde een beter meetgedrag van de debietsensor te verkrijgen binnen het gewenste meetbereik wordt de debiet-
20 sensor bij voorkeur gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 3.

In een bijzonder voordelige uitvoeringsvorm wordt de debietsensor volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusies 4 en 5.

Door het vleugelrad te voorzien van twee, bij voorkeur diametraal tegenover elkaar gelegen bladen wordt een stabiel vleugelrad verkregen dat eenvoudig kan worden gelagerd, aangezien slechts minimale krachten op de lagering worden uitgeoefend. Het vleugelrad volgens de uitvinding is immers anders dan het vleugelrad van de bekende debietsensoren, niet ontworpen voor de overdracht van energie. Slechts de wrijving van de lagering behoeft overwonnen te worden. Daarbij wordt bovendien slechts een zeer klein deel van het frontaal oppervlak van de buissectie door een stilstaand vleugelrad bestreken. Als gevolg van deze maatregelen is de stromingsweerstand, en daarmee de invloed van het vleugelrad op het stromingspatroon in de buissectie minimaal. Doordat de bladen zich tot nabij de binnenwand van de buissectie

uitstrekken wordt tijdens één omwenteling van het vleugelrad de gehele buissectie bestreken. Dit heeft bij het vleugelrad volgens de uitvinding het voordeel dat het bewegingspatroon daarvan daardoor onafhankelijk is van het stromingspatroon in 5 de buissectie. De debietsensor volgens de uitvinding kan bij zowel turbulente als bij laminaire stroming in de buissectie worden gebruikt zonder dat de meetkarakteristiek wordt beïnvloed terwijl de debietsensor steeds accuraat blijft functioneren.

10 In een alternatieve uitvoeringsvorm wordt de debiet-sensor gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 9.

Door plaatsing van een ventilator in de buissectie wordt een compacte inrichting verkregen die eenvoudig plaatsbaar is, waarbij het vleugelrad en de ventilator optimaal op 15 elkaar kunnen worden afgestemd. Plaatsing van de ventilator stroomafwaarts van het vleugelrad heeft een hoge nauwkeurigheid van de debietsensor tot gevolg.

Het is daarbij bijzonder voordelig indien de debiet-sensor tevens wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens 20 conclusie 10.

De tegengestelde rotatierichting van de ventilator en het vleugelrad geeft een voordelig stromingspatroon binnen de buissectie, waardoor nadelige verstoringen van de meet-karakteristiek, bijvoorbeeld door ongewenste vibraties, worden 25 verhinderd.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een vleugel-rad van de in de kop van conclusie 14 beschreven soort, welk vleugelrad volgens de uitvinding wordt gekenmerkt door de maatregelen volgens het kenmerkende deel van conclusie 14.

30 Een dergelijk vleugelrad is bijzonder voordelig plaatsbaar binnen een buissectie en alsdan geschikt voor gebruik bij een debietsensor, aangezien dit in hoofdzaak een drukonafhankelijke rotatie-karakteristiek heeft. Het vleugel-rad kan daarbij eenvoudig op de diameter van een geschikte 35 buissectie worden aangepast, zodanig dat bij één rotatie van het vleugelrad binnen de buissectie in hoofdzaak de gehele doorsnede van die buissectie door de bladen wordt bestreken.

De uitvinding heeft bovendien betrekking op een ventilatieinrichting, in het bijzonder geschikt voor gebruik voor de ventilatie van ruimten, en op een werkwijze voor de vervaardiging van een debietsensor, voorzien van een in een buissectie opgesteld vrijdraaiend vleugelrad.

Ter verduidelijking van de uitvinding zullen uitvoeringsvoorbeelden van een debietsensor en een ventilatie-inrichting, onder verwijzing naar de tekening, worden beschreven. Daarin toont:

10 Fig. 1 een doorgesneden aanzicht van een stal, voorzien van een ventilatieinrichting;

fig. 2 een gedeeltelijk doorgesneden zij-aanzicht van een debietsensor volgens de uitvinding;

15 fig. 3 een doorgesneden aanzicht van een vleugelrad volgens de lijn III - III in fig. 2;

fig. 4 schematisch de onderzijde van een bladdoorsnede volgens fig. 3; en

fig. 5 een vooraanzicht van een vleugelrad.

Fig. 1 toont een stal 1 die een door een aantal wanden 2, een dak 3 en een vloer 4 bepaalde binnenruimte 5 omvat. In de binnenruimte 5 zijn verwarmingsmiddelen 6 en meetmiddelen 7 voor de bepaling van de samenstelling van de lucht in de binnenruimte 5 aangebracht. In het dak 3 is een buissectie 8 aangebracht die met een eerste open einde 9 in verbinding staat met de binnenruimte 5, en met het tegenovergelegen tweede open einde 10 aansluit op de buitenruimte 11 van de stal 1. In de buissectie 8, die een cirkelvormige binnendoorsnede heeft, is nabij het naar binnen gekeerde eerste open einde 9 een vleugelrad 12 vrij draaibaar opgehangen, welk vleugelrad 12 nog nader zal worden besproken. Nabij het tweede open einde 10 is een ventilator 13 in de buissectie geplaatst, met behulp waarvan lucht vanuit de binnenruimte 5 via de buissectie 8 naar de buitenruimte 11 kan worden afgevoerd.

35 De verwarmingsmiddelen 6, de luchtsamenstellingsmeetmiddelen 7, het vleugelrad 12 en de ventilator 13 zijn alle verbonden met een controle- en stuureenheid 14, bijvoorbeeld een door een computer gestuurde regeleenheid. Met

de regeleenheid 14 zijn tevens gestuurde ventilatie-regelkleppen 15 in de wanden 2, het dak 3 en/of de vloer 4 verbonden. Op basis van de gemeten luchtsamenstelling worden de ventilatie-regelkleppen 15 open en dicht gestuurd, waarbij
5 de ventilator 13 zodanig wordt aangestuurd dat een gewenst luchtdebit, noodzakelijk voor de verversing van de lucht in de binnenruimte 5, door de buissectie 8 wordt afgevoerd. Het is daarbij van belang dat het afgevoerde luchtdebit
10 nauwkeurig wordt bepaald en geregeld, ten einde een optimale ventilatie van de binnenruimte 5 te verkrijgen, zonder dat bijvoorbeeld onnodig veel warmte verloren gaat en zonder dat tocht ontstaat.

Het vleugelrad 12 is voorzien van twee diametraal tegenover elkaar geplaatste bladen 16 die zijn bevestigd aan
15 een kern 30 die licht lopend is gelegerd in een huis 32, welk huis met behulp van een aantal radiale spaken 33 centraal is opgehangen binnen de buissectie. De kern 30 heeft een klein frontaal oppervlak en is aerodynamisch gevormd, waardoor het stromingspatroon van de lucht binnen de buissectie 8 minimaal
20 door de kern 30 wordt beïnvloed. De draaiingsas S van het vleugelrad 12 valt samen met de lengteas van de buissectie 8. De bladen 16 strekken zich tot dicht bij de binnenwand van de buissectie 8 uit. De afstand tussen de binnenwand van de buissectie 8 en het vrije einde van het blad 16 bedraagt
25 minder dan 2% van de doorsnede van de buissectie, en bij voorkeur ongeveer 1%. Daardoor wordt tijdens gebruik nagenoeg de volledige dwarsdoorsnede van de buissectie door de bladen 16 bestreken, waardoor de debietsensor zowel bij turbulente als bij laminaire stroming in de buissectie kan worden
30 gebruikt. De draairichting van het vleugelrad is bij voorkeur tegengesteld aan de draairichting van de ventilator.

De buissectie is aan het eerste open einde 9 in de getoonde uitvoeringsvorm voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand 31, waarvan de kromtestraal R groter is dan 10%
35 van de diameter D van de buissectie. Het vleugelrad is daarbij bij voorkeur ofwel geplaatst ter hoogte van de instroomrand 31, ofwel op een afstand van de instroomrand 31 die ten minste de helft bedraagt van de diameter D van de buissectie 8. Door

één van deze configuraties toe te passen wordt invloed van het instroompatroon van de lucht in de buissectie 8 op de meetkarakteristiek van de debietsensor verhinderd. Voorts zijn daartoe het vleugelrad 12 en de ventilator 13 op een
 5 onderlinge afstand van elkaar geplaatst, welke afstand ten minste overeenkomt met de diameter D van de buissectie 8.

Voor het meten van het debiet dat door de buissectie 8 wordt gevoerd is het vleugelrad 12 voorzien van meetmiddelen 17 voor het bepalen van het toerental van het
 10 vleugelrad 12. Het gemeten toerental is daarbij een indicatie voor het debiet, op basis waarvan met behulp van de regel-eenheid 14 bijvoorbeeld de rotatiesnelheid van de ventilator 13 kan worden bijgesteld, de stand van de verschillende regelkleppen 15 kan worden aangepast en de
 15 verwarming 6 kan worden bijgeregeld.

Ten einde uit het toerental van het vleugelrad 12 op goedkope en betrouwbare wijze het debiet te kunnen berekenen is het van belang dat er een lineair verband bestaat tussen het debiet en het gemeten toerental, ongeacht drukverschillen
 20 tussen de binnenruimte 5 en de buitenruimte 11 en ongeacht het stromingspatroon binnen de buissectie 8. Dit lineaire verband wordt in hoofdzaak bepaald door de configuratie van het vleugelrad 12, en in het bijzonder door de bladconfiguratie.

Voor de bladen 16 van het vleugelrad 12, zoals weer-
 25 gegeven in fig. 2, geldt daartoe dat de bladhoek H van elke doorsnede voldoet aan de vergelijking

$$[\operatorname{tg}(H(r)) * \operatorname{Caldeb} * C] / [r * D^2] = \operatorname{Calrev} \quad [1]$$

waarbij

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum
 30 van de kern (m);

H(r) = bladhoek van doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

35 waarbij C is gelegen tussen 0,003 en 0,004 bij voorkeur 6,67/1974 is. In de praktijk wijkt de bladhoek bij voorkeur maximaal 3° af van de optimale bladhoek.

De bladhoek H is gedefinieerd als de hoek die het blad 16 insluit met de draaiingsas S van het vleugelrad 12, zoals weergegeven in figuur 3.

Voor het berekenen van de geschikte configuratie voor
 5 de bladen 16 is daarbij uitgegaan van een voor de toepassing geschikt ontwerpkoepel te noemen calibratie-combinatie K , die bestaat uit een calibratie-debiet Caldeb en een bijbehorend calibratie-toerental Calrev. Het ontwerpkoepel K wordt daarbij onder andere gekozen op basis van de te gebruiken regel-
 10 eenheid 14 en toerentalmeetmiddelen 17, en vormt een punt op de meetkarakteristiek van de debietsensor. In tabel 1 zijn als voorbeeld de bladhoeken weergegeven van een vleugelrad 12 dat drukonafhankelijk is, en dat daardoor bijzonder geschikt is voor gebruik in een debietsensor volgens de uitvinding.

15

Tabel 1

Caldeb	500 m ³ /h	Maxdeb	8.000 m ³ /h
Calrev	125 omw/min	Maxrev	2.000 omw/min
D	0,45 m	Mindeb	120 m ³ /h
C	0,0034	Minrev	30 omw/min

r (m)	H(r) (°)	B (m)
0,05	36,8	0,100
0,06	42,0	
0,07	46,4	
0,08	50,2	
0,09	53,4	
0,10	56,3	0,061
0,11	58,8	
0,12	60,9	
0,13	62,8	
0,14	64,5	
0,15	66,0	0,051
0,16	67,4	
0,17	68,6	
0,18	69,7	
0,19	70,6	
0,20	71,5	0,047
0,21	72,4	

Voor een verdere optimalisering van de debietsensor,
 20 en in het bijzonder het vleugelrad 12 wordt vervolgens voor althans het grootste deel van elk blad 16 voor elke doorsnede

een geschikte bladbreedte B bepaald die voldoet aan de vergelijking

$$[r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1 \quad [2]$$

waarbij:

5 r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

waarbij $r_2 > r_1$;

10 H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^{\circ}$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^{\circ}$);

B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en

B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

waarbij voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze 15 in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek H en bladbreedte B over het blad een vloeiend verloop hebben. Voor toepassing van het vleugelrad in een luchtdebietsensor in een situatie zoals gegeven in fig. 1 dient de breedte van het blad daarbij bij voorkeur te liggen tussen de 1 en 15 cm. Voor de 20 in tabel 1 beschreven uitvoeringsvorm is uitgegaan van een bladbreedte B van 10 cm op een afstand van 5 cm. Het verloop van de breedte over het blad is in tabel 1 in de rechter kolom weergegeven. De kern heeft in de getoonde uitvoeringsvorm een doorsnede van ongeveer 10 cm.

25 Bij luchtdebietsmeting met behulp van een vrijdraaiend vleugelrad dient het toerental bij voorkeur binnen een bepaald bereik gehouden te worden. Bij te hoge toerentallen van het vleugelrad 12 bestaat een grote kans op instabiliteit van de bladen 16 van het vleugelrad, waardoor de meetkarakteristiek 30 nadelig wordt beïnvloed. Bovendien treedt daardoor grote slijtage op van de verschillende onderdelen van de inrichting en treedt een onaangenaam geluidsniveau op. Bij te lage toerentallen wordt de meetnauwkeurigheid van de debietsensor te gemakkelijk nadelig beïnvloed.

35 Voor elk vleugelrad 12 kan, gegeven een maximaal en minimaal toelaatbaar toerental een maximaal en minimaal meetbaar debiet worden bepaald aan de hand van de vergelijkingen

$$[\tan(H(r)_{\max}) * \text{Maxdeb} * C] / [r * D^2] < \text{Maxrev} \quad [3]$$

en

$$[\tan(H(r)_{\min}) * \text{Mindeb} * C] / [r * D^2] < \text{Minrev} \quad [4]$$

waarbij:

5 $H(r)_{\max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

$H(r)_{\min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

Maxdeb = maximaal meetdebiet (m^3/h)

Mindeb = minimaal meetdebiet (m^3/h)

Maxrev = maximaal meettoerental (omw/min)

10 Minrev = minimaal meettoerental (omw/min)

Door invulling van een bladhoek H en het maximaal toelaatbare toerental in de bovenste vergelijking [3] kan op eenvoudige wijze het maximaal meetbare debiet worden bepaald, door invulling van de bladhoek H en het minimaal toelaatbare 15 toerental in de onderste vergelijking [4] het minimaal meetbare debiet.

Andersom is het aan de hand van dezelfde vergelijkingen [3], [4] eveneens mogelijk aan de hand van het maximaal te meten debiet en het maximaal daarbij toelaatbare 20 toerental een maximaal toelaatbare bladhoek voor elke doorsnede te berekenen, en evenzo een minimale bladhoek voor elke doorsnede door invulling van een minimaal te meten debiet en een minimaal daarbij noodzakelijk toerental. Dit biedt de mogelijkheid voorafgaand aan de bepaling van de bladhoeken voor een vleugelrad 25 de ontwerpgronden te bepalen, aan de hand waarvan een gunstige calibratie-combinatie K kan worden gekozen. In tabel 2 is voor een vleugelrad voor de verschillende doorsneden de maximale en minimale bladhoek $H(r)_{\max}$, $H(r)_{\min}$ weergegeven, uitgaande van de in de kop van 30 tabel 2 gegeven ontwerpcriteria.

Tabel 2

Maxdeb	6.000 m ³ /h
Maxrev	2.000 t/min
Mindeb	200 m ³ /h
Minrev	30 t/min
D	0,45 m
C	0,0034

straal m	min. hoek (°)	max. hoek (°)
0,05	24.2	45
0,06	28.3	50.2
0,07	32.2	54.4
0,08	35.7	58
0,09	39	60.9
0,10	42	63.4
0,11	44.7	65.5
0,12	47.2	67.4
0,13	49.4	68.9
0,14	51.5	70.3
0,15	53.4	71.5
0,16	55.2	72.6
0,17	56.8	73.6
0,18	58.3	74.5
0,19	59.7	75.2
0,20	60.9	76
0,21	62.1	76.6
0,22	63.2	77.2
0,23	64.2	77.7
0,24	65.1	78.2
0,25	66	78.7
0,26	66.8	79.1
0,27	67.6	79.5
0,28	68.3	79.9

5

Wanneer een ontwerpkoepel K is gekozen kunnen de optimale bladhoeken H worden bepaald door invulling in de eerste vergelijking [1]. Indien blijkt dat de gevonden bladhoeken H te veel buiten de met de derde en vierde vergelijking 10 [3], [4] gevonden grenswaarden liggen, kan een aangepaste ontwerpkoepel K worden gekozen. Op deze wijze kan het verloop van de bladhoeken eenvoudig worden geoptimaliseerd. Vervolgens kan voor elke bladdoorsnede de breedte worden bepaald aan de hand van de tweede vergelijking [2], zodanig dat de 15 bladconfiguratie aan de gestelde eisen voldoet en derhalve

drukonafhankelijk is en een gewenste, lineaire meetkarakteristiek levert met een geschikte meetnauwkeurigheid.

Fig. 3 toont een dwarsdoorsnede van een blad 16 van een vleugelrad 12. Het blad 16 heeft een voorzijde 18, een achterzijde 19, een aanstroomzijde 20 en een gebogen bovenzijde 21. De aanstroomzijde 20 is in de weergegeven uitvoeringsvorm nagenoeg vlak, waardoor de drukonafhankelijkheid van het vleugelrad positief wordt beïnvloed. De kromming van het blad, die wordt gegeven door het verschil tussen de instroomhoek β_1 en de uitstroomhoek β_2 , zoals weergegeven in fig. 4, is kleiner dan 5° , en bij voorkeur ongeveer 0° . De maximale dikte van het blad bedraagt ongeveer 10% van de bladbreedte, en is gelegen op ongeveer $1/3$ van de bladbreedte, gemeten vanaf de voorzijde 18 van het blad 16. De bladhoek H komt overeen met het gemiddelde van de instroomhoek β_1 en de uitstroomhoek β_2 .

In fig. 5 is een vleugelrad 40 weergegeven dat geschikt is voor gebruik in een debietsensor die drukonafhankelijk is. De bladhoeken H_1 , H_2 van twee doorsneden op verschillende afstanden r_1 , r_2 van de kern 30 voldoen daarbij aan de vergelijking

$$(r_2/r_1) \cdot \tan(H_1) = \tan(H_2) \quad [5]$$

waarbij

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

Uitgaande van een dergelijk vleugelrad 40 kan op eenvoudige wijze een debietsensor worden samengesteld die nagenoeg drukonafhankelijk is. Daartoe kan bijvoorbeeld, uitgaande van een gekozen bladhoek voor één van de doorsneden van een blad 41, en een geschikt ontwerpkoepel K door invulling van deze waarden in de eerste vergelijking [1] een geschikte buissectie-diameter D worden bepaald. Vervolgens kan de lengte L van de bladen 41 op die buissectie worden afgestemd. Invulling van de gevonden waarden en een maximaal

9401632

toelaatbaar toerental in de tweede vergelijking [2] geeft vervolgens een bovengrens voor het meetbereik van de debietmeter, invulling van de derde vergelijking [3] op vergelijkbare wijze een ondergrens. Aangezien de debietsensor 5 een lineaire meetkarakteristiek heeft kan eenvoudig worden bepaald of dit maximale toerental daarbij ook daadwerkelijk zal optreden. Wanneer dit overschreden dreigt te worden zal een andere calibratie-combinatie gekozen moeten worden waarbij derhalve een andere diameter van de buissectie zal horen. Op 10 deze wijze kan steeds de geschikte configuratie voor een druk-onafhankelijke debietsensor met het gewenste meetbereik worden verkregen, uitgaande van het vleugelrad 40. Uiteraard kan ook, uitgaande van een ontwerpkkoppel, voor iedere buissectie-diameter door invulling van de gevonden waarden in 15 vergelijking [1] de geschikte bladhoek worden bepaald.

Met een werkwijze volgens de uitvinding kan een debietsensor worden verkregen die kan worden toegepast in bijvoorbeeld agrarische, industriële en civiele toepassingen voor gebruik in klimaatsturing, procesbeheersing, emissie-meting en dergelijke. De debietsensor kan worden gebruikt voor 20 bijvoorbeeld lucht- en vloeistofdebietmeting in corrosieve en stoffige omgevingen, bij verschillende temperaturen en vochtigheidsgraden.

De debietsensor kan worden ingericht voor meting van debieten tussen 200 en 6000 m³/h, maar ook grotere en kleinere debieten zijn mogelijk. De bladlengte van het vleugelrad kan ten minste variëren tussen 15 en 40 cm, maar ook grotere en kleinere bladlengten zijn mogelijk. De debietsensor volgens de uitvinding is ten minste bruikbaar bij drukverschillen tussen 30 0 en 120 pascal en kan een meetnauwkeurigheid bereiken van ± 60 m³/h of minder over het gekozen meetbereik. De uitvinding is uiteraard niet beperkt tot de uitvoeringsvormen zoals weergegeven bij wijze van voorbeelden. Vele variaties zijn mogelijk binnen het raam van de uitvinding.

35 Zo kan het vleugelrad zijn voorzien van een ander aantal bladen en kan de debietsensor worden gebruikt zonder ventilator, bijvoorbeeld bij natuurlijke ventilatie. Op de

regeleenheid kunnen andere sensoren worden aangesloten, zoals bijvoorbeeld mechanische schakelaars en tijdschakelaars.

In de regeleenheid kunnen verschillende regel-programma's zijn opgenomen, ingericht voor het beheersen van
5 een proces waarin de debietsensor is opgenomen.

De debietsensor respectievelijk het vleugelrad volgens de uitvinding kan, uitgaande van één of meer van de gegeven parameters, steeds optimaal op het te beheersen proces worden afgestemd. De keuze van de grootte van de parameters wordt
10 daarbij binnen het bereik van de vakman geacht.

C O N C L U S I E S

1. Debietensor, in het bijzonder geschikt voor gebruik bij luchtdebietmeting, voorzien van een in een buissectie vrij-draaiend opgehangen vleugelrad dat is voorzien van een centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstrekende bladen, waarbij ten minste één blad zich vanaf de kern uitstrekt tot nabij de binnenwand van de buissectie, waarbij meetmiddelen zijn opgenomen voor het meten van het aantal omwentelingen van het vleugelrad per tijdseenheid, waarbij de debietensor is ingericht voor het bij een door de buis voeren van een calibratie-debiet met behulp van de meetmiddelen registreren van een bijbehorend calibratie-toerental van het vleugelrad, waarbij voor ten minste een reeks doorsneden van het blad geldt dat de bladhoek in hoofdzaak voldoet aan de formule

$$15 \quad [tg(H(r)) * Caldeb * C] / [r * D^2] = Calrev$$

waarbij

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H(r) = bladhoek van doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

20 Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur 6,67/1974 is.

25 2. Debietensor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat voor elke doorsnede van het blad geldt dat de bladhoek in hoofdzaak voldoet aan de formules

$$[tg(H(r)_{max}) * Maxdeb * C] / [r * D^2] < Maxrev$$

en

$$30 \quad [tg(H(r)_{min}) * Mindeb * C] / [r * D^2] < Minrev$$

waarbij:

$H(r)_{max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

$H(r)_{min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

Maxdeb = maximaal meetdebiet (m^3/h)

Mindeb = minimaal meetdebiet (m^3/h)

Maxrev = maximaal meettoerental (omw/min)

Minrev = minimaal meettoerental (omw/min)

3. Debietensor volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk,
 5 dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van
 het blad geldt dat

$$[r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1$$

waarbij:

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het
 10 centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het
 centrum van de kern (m);

waarbij $r_2 > r_1$

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^\circ$);

15 H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^\circ$);

B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en

B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

waarbij voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze
 in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek (H) en blad-
 breedte (B) over het blad een vloeiend verloop hebben.

- 20 4. Debietensor volgens één der voorgaande conclusies, met
 het kenmerk, dat het vleugelrad is voorzien van twee bladen
 die te zamen met de kern de gehele diameter van de betreffende
 doorsnede van de buissectie bestrijken, waarbij de bladen bij
 voorkeur diametraal tegenover elkaar zijn aangebracht.

- 25 5. Debietensor volgens één der voorgaande conclusies, met
 het kenmerk, dat de afstand tussen het vrije einde van het of
 elk blad en de binnenwand van de buissectie minder dan 2%, en
 bij voorkeur ongeveer 1% van de diameter van de buissectie
 bedraagt.

- 30 6. Debietensor volgens één der voorgaande conclusies, met
 het kenmerk, dat voor elk blad de bladkromming aan de aan-
 stroomzijde kleiner is dan 5° , en bij voorkeur ongeveer 0° .

- 35 7. Debietensor volgens één der voorgaande conclusies, met
 het kenmerk, dat voor een doorsnede van elk blad geldt dat de
 doorsnede de grootste dikte heeft op een afstand van ongeveer
 $1/3$ van de bladbreedte, gemeten vanaf de voorrand van het

blad, waarbij de grootste bladdikte bij voorkeur ongeveer 10% van de betreffende bladbreedte bedraagt.

8. Debietensor volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de kern een frontaal oppervlak heeft dat niet meer bedraagt dan ongeveer 10% van de inwendige doorsnede van de buissectie.

9. Debietensor volgens één der conclusies 1-8, met het kenmerk, dat in de buissectie, stroomafwaarts van het vleugelrad een ventilator is aangebracht voor het via de buissectie 10 vanaf de van de ventilator afgekeerde zijde van het vleugelrad aanzuigen van lucht door het door het vleugelrad tijdens een omwenteling bestreken vlak en het afgeven van die lucht naar buiten de buissectie.

10. Debietensor volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat 15 tijdens gebruik de ventilator tegengesteld draait aan het vleugelrad.

11. Debietensor volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de afstand tussen de bladen van de ventilator en de bladen van het vleugelrad ten minste overeenkomt met de diameter van 20 de buissectie.

12. Debietensor volgens één der conclusies 9-11, met het kenmerk, dat de buissectie aan de zijde van het vleugelrad is voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand die een kromtestraal heeft die groter is dan 10% van de diameter van 25 de buissectie, waarbij het vleugelrad is geplaatst ter hoogte van de instroomrand.

13. Debietensor volgens één der conclusies 9-11, met het kenmerk, dat de buissectie aan de zijde van het vleugelrad is voorzien van een naar buiten gebogen instroomrand die een 30 kromtestraal heeft die groter is dan 10% van de diameter van de buissectie, waarbij het vleugelrad is geplaatst op een afstand van de instroomrand die ten minste de helft van de diameter van de buissectie bedraagt.

14. Ventilatieinrichting, in het bijzonder geschikt voor 35 gebruik voor de ventilatie van ruimten, waarbij een debietensor volgens één der voorgaande conclusies is opgenomen in één van de begrenzingen van een te ventileren ruimte, waarbij schakelmiddelen zijn opgenomen voor het op basis van de door

de meetmiddelen geregistreerde toerentallen van het vleugelrad en een binnen de ruimte gemeten luchtsamenstelling regelen van de door de debietsensor vanuit de ruimte af te voeren hoeveelheid lucht.

- 5 15. Vleugelrad voor plaatsing in een buissectie, voorzien van een centrale kern en een aantal zich vanaf de kern uitstrekende bladen, met het kenmerk, dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van het blad geldt dat de bladhoeken voldoen aan de vergelijking

$$10 \quad (r_2/r_1) \cdot \tan(H_1) = \tan(H_2)$$

waarbij

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^{\circ}$);

H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^{\circ}$);

- 15 16. Vleugelrad volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat een calibratie-combinatie van een calibratie-debiet en een calibratie-toerental bestaat waarbij voor in hoofdzaak elke doorsnede van het blad geldt dat de bladhoek voldoet aan de formule

$$20 \quad [tg(H(r)) * Caldeb * C] / [r * D^2] = Calrev$$

waarbij

25 r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

$H(r)$ = bladhoek op afstand r ($^{\circ}$);

Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

30 D = diameter beoogde buissectie (m)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur 6,67/1974 is.

- 35 17. Werkwijze voor de vervaardiging van een debietsensor, voorzien van een in een buissectie opgesteld vleugelrad dat is voorzien van ten minste een kern, een aantal zich vanaf de kern uitstrekende bladen, kernlagermiddelen, middelen voor de bevestiging van de kernlagermiddelen in een buissectie en vleugelradrotatie-meetmiddelen, waarbij aan de hand van de

9401632

toepassing van de debietsensor en het meetbereik van de meetmiddelen een geschikte buissectie-diameter en een geschikte combinatie van een calibratie-debiet en een daarbij behorend calibratie-toerental wordt gekozen, waarna de bladhoek van
 5 elke doorsnede van het blad wordt bepaald, welke bladhoek voldoet aan de vergelijking

$$[\operatorname{tg}(H(r)) * \text{Caldeb} * C] / [r * D^2] = \text{Calrev}$$

waarbij:

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum
 10 van de kern (m);

H(r) = bladhoek van doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

Caldeb = calibratie-debiet (m^3/h)

Calrev = calibratie-toerental (omw/min)

D = diameter buissectie (m)

15 waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C bij voorkeur 6,67/1974 is.

18. Werkwijze volgens conclusie 17, met het kenmerk, dat een tijdens gebruik maximaal en minimaal te meten debiet en een daarbij gewenst maximaal en minimaal toerental van het
 20 vleugelrad worden bepaald, waarbij voor elke doorsnede een bladhoek wordt gekozen waarvoor geldt dat deze is gelegen tussen twee grenswaarden $H(r)_{\max}$ en $H(r)_{\min}$ die voldoen aan de formules

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\max}) * \text{Maxdeb} * C] / [r * D^2] < \text{Maxrev}$$

25 en

$$[\operatorname{tg}(H(r)_{\min}) * \text{Mindeb} * C] / [r * D^2] < \text{Minrev}$$

waarbij:

r = afstand doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

30 $H(r)_{\max}$ = maximale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

$H(r)_{\min}$ = minimale bladhoek doorsnede op afstand r ($^{\circ}$);

Maxdeb = maximaal debiet (m^3/h)

Mindeb = minimaal debiet (m^3/h)

Maxrev = maximaal toerental (omw/min)

35 Minrev = minimaal toerental (omw/min)

waarbij $0,003 < C < 0,004$, en waarbij C is bij voorkeur 6,67/1974.

19. Werkwijze volgens conclusie 17 of 18, met het kenmerk, dat voor elke doorsnede van elk blad een breedte en bladhoek wordt bepaald zodanig dat voor in hoofdzaak elke combinatie van twee doorsneden van het blad geldt dat

5 $[r_1 \cdot \cos(H_1) \cdot B_1] / [r_2 \cdot \cos(H_2) \cdot B_2] > 1$

waarbij:

r_1 = afstand eerste doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

r_2 = afstand tweede doorsnede ten opzichte van het centrum van de kern (m);

10 waarbij $r_2 > r_1$

H_1 = bladhoek eerste doorsnede ($^{\circ}$);

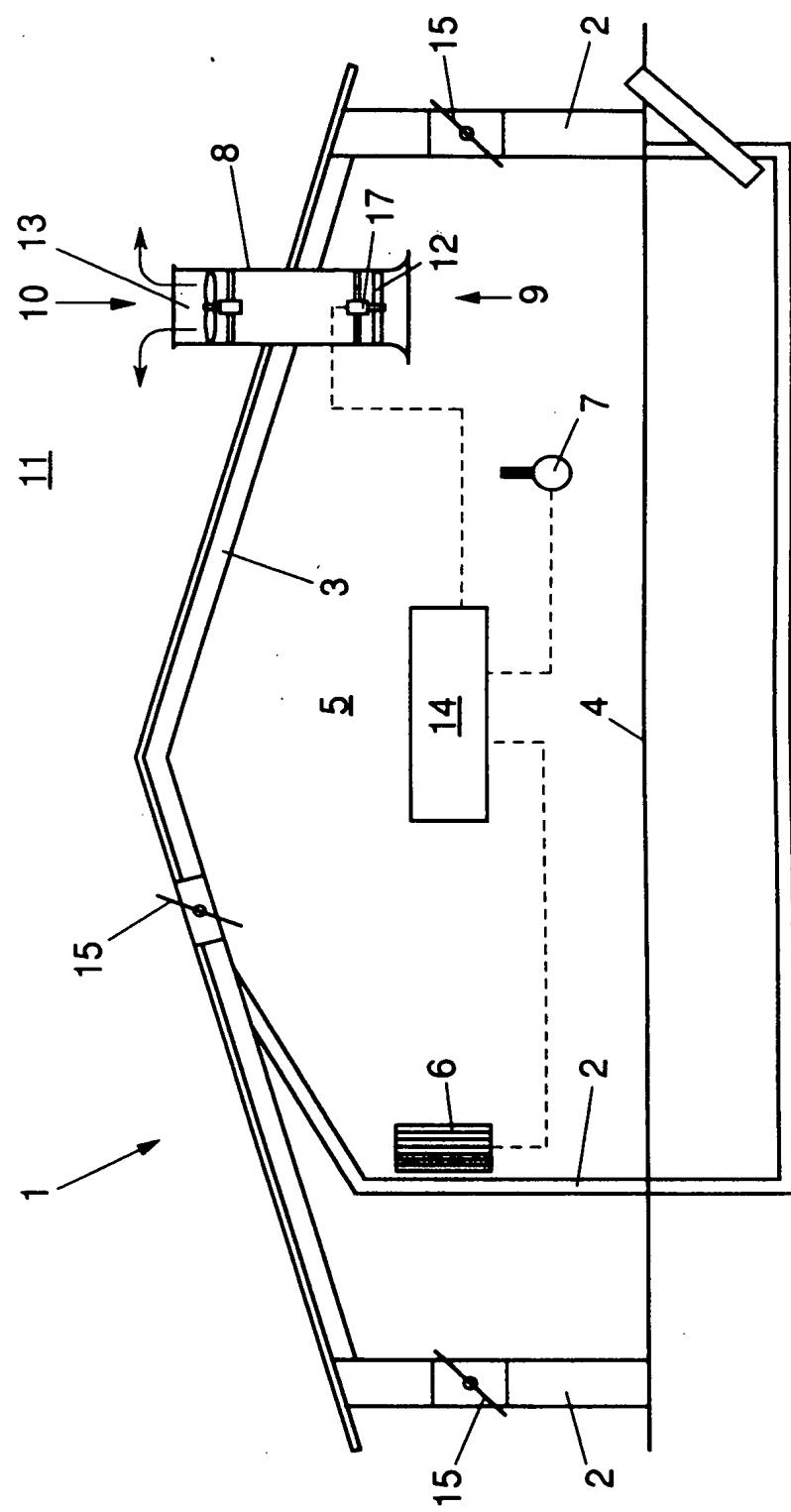
H_2 = bladhoek tweede doorsnede ($^{\circ}$);

B_1 = Bladbreedte eerste doorsnede (m); en

15 B_2 = Bladbreedte tweede doorsnede (m),

en zodanig dat voor alle bladhoeken van het vleugelrad geldt dat deze in één kwadrant gelegen zijn en dat de bladhoek (H) en bladbreedte (B) over het blad een vloeiend verloop hebben.

FIG. 1



9401632

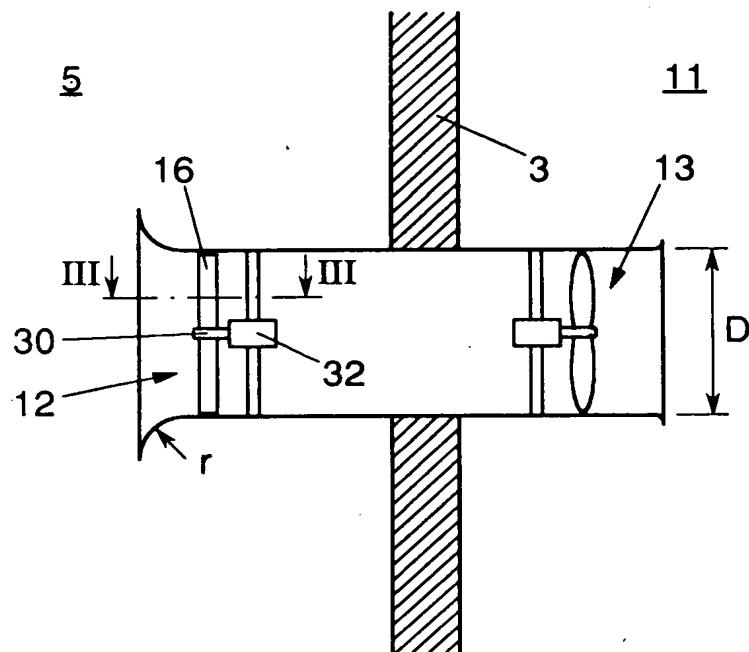


FIG. 2

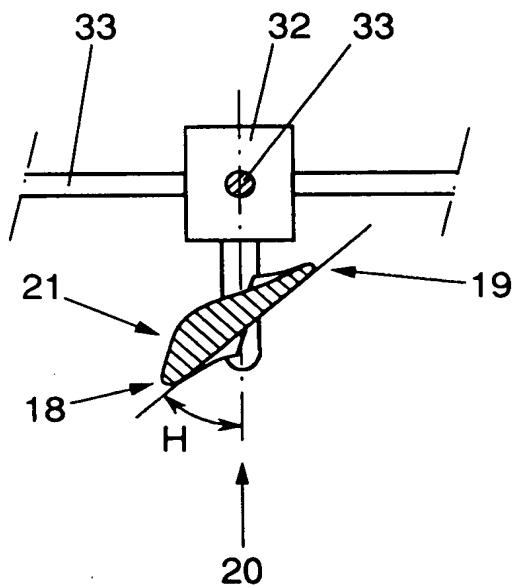


FIG. 3

9401632

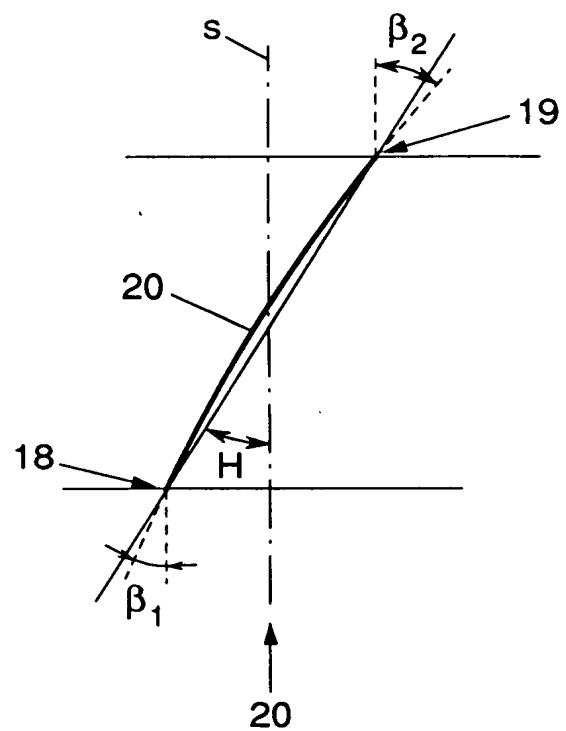


FIG. 4

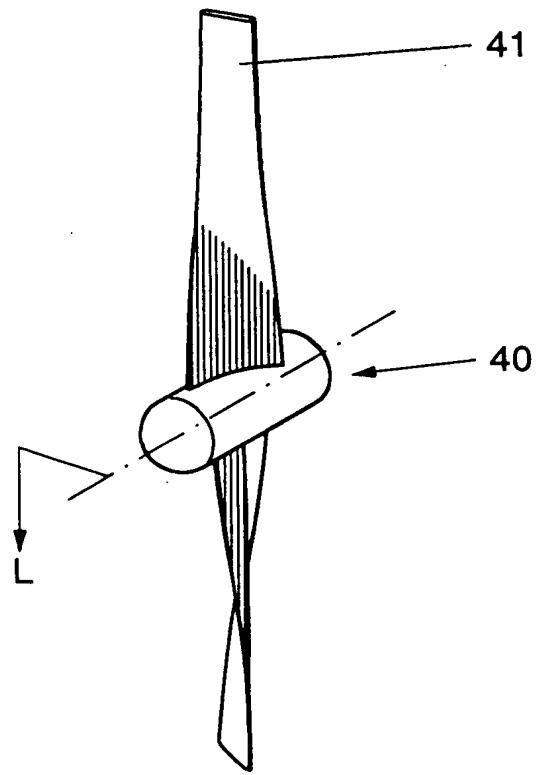


FIG. 5

9401632